

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ και ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ  
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

\* Σ.ΚΑΡΚΑΝΗΣ                      \* Κ.ΠΑΡΘΕΝΗΣ                      + Σ.ΒΑΡΟΥΦΑΚΗΣ                      § Μ.ΚΟΥΤΣΟΥΛΑΣ

\* Συνεργατής ΕΚΕΦΕ "Δημοκρίτος"  
Αγία Παρασκευή-Αττικής  
153-10 Αθήνα

+ ΕΚΕΦΕ "Δημοκρίτος"  
Αγία Παρασκευή-Αττικής  
153-10 Αθήνα

§ Τμήμα Γεωλογίας  
Πανεπιστήμιο Αθηνών  
157-B4 Αθήνα

Software System for Image Processing and Classification  
of Remote Sensing Satellite Imagery

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρησιμοποίηση των μέσων της διαστημικής τεχνολογίας για τη μελέτη της επιφάνειας της Γης ανοίξτε νέους ορίζοντες στις Γεωεπιστήμες. Αυτό δεν οφείλεται μόνο στη δυνατότητα που έχουμε σήμερα να παρατηρούμε συστηματικά κάθε περιοχή του πλανήτη μας, ακόμα και την πιο δυσπρόσιτη, από το ύψος ενός δορυφόρου, αλλά κυρίως την εφαρμογή νέων μέσων που εφαρμόζονται στη διαστημική παρατήρηση και ειδικότερα στην πολυφασματική φωτομετρική σάρωση. Η ανάπτυξη μεθοδολογίας για την επεξεργασία των καταγραφών αυτών των σαρώσεων είναι σήμερα ένας από τους σημαντικότερους κλάδους της Μαθηματικής Γεωγραφίας.

Η μεθοδολογία αυτή αναπτύχθηκε κατά τα τελευταία χρόνια παράλληλα με την ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων δορυφορικής σάρωσης και ειδικά προσαρμοσμένων συστημάτων, όπου ο όρος "σύστημα" περιλαμβάνει την ολή διαδικασία σύγκρισης μηχανημάτων (υπολογιστής, περιφερειακά) και λογισμικού που είναι προσαρμοσμένο στα μηχανήματα αυτά. Αυτή η μεθοδολογία εξυπηρετεί σήμερα εκτός από τις γεωεπιστήμες και άλλους τομείς της επιστήμης και τεχνολογίας, όπως η ιατρική διάγνωση, ο έλεγχος εγκαταστάσεων και βιομηχανικών κρυστών και η διερεύνηση σχηματικών ιδιοτεροτήτων (επιποθωμάτα, δακτυλικά αποτυπώματα κ.α.). Συγχρόνως με αυτή την αναβάθμιση στη μέθοδο της γεωγραφικής έρευνας, οι Γεωεπιστήμες επωέλονται από κάθε βήμα προόδου που γίνεται στην αντίστοιχη μεθοδολογία επεξεργασίας εικόνων στους άλλους τομείς της επιστήμης.

Η δορυφορική εικόνα τροφοδοτείται στον υπολογιστή με τη μορφή ενός πίνακα με (m) γραμμές και (n) στηλές. Σε κάθε στοιχείο (pixel) τειοίου πίνακα αντιστοιχεί ένας αριθμός που ανήκει συνήθως στο διάστημα [0,255]. Ο αριθμός αυτός αντιπροσωπεύει ένα μέτρο της φωτεινότητας του σημείου αυτού. Το μηδέν αντιστοιχεί στο μαύρο και το 255 στο άσπρο. Από το μέγεθος αυτής της κλίμακας εξαρτάται η φωτομετρική διακριτική ικανότητα της απεικόνισης. Οι τιμές αυτές και οι μεταξύ τους σχέσεις που προκύπτουν από την επεξεργασία τους δίνουν τις απαραίτητες πληροφορίες για την εικόνα. Η επεξεργασία της εικόνας στηρίζεται άμεσα στην εξαγωγή πληροφοριών απ' αυτή. Για τις εφαρμογές λοιπόν πρέπει να αναπτυχθούν μαθηματικοί ή λογικοί αλγόριθμοι που θα βασίζονται α' ένας μόν στην τιμή της αποχρώσεως κάθε σημείου, α' έτερον δε σε στοιχεία που αφορούν τον πληθυσμό των σημείων αυτού. Οι επί μέρους αλγόριθμοι που συντελούν στην ολοκλήρωση της εφαρμογής συγκροτούν ένα λογισμικό σύστημα επεξεργασίας εικόνας.

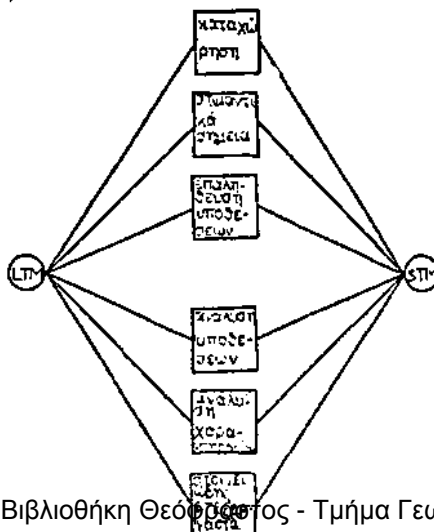
## ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Είναι χρήσιμο να καταχωρήσουμε μερικά από τα πιο πετυχημένα συστήματα λογισμικού (software) που χρησιμοποιούνται σήμερα και το ερευνητικό κέντρο στο οποίο έχουν αναπτυχθεί. Είναι τα εξής:

ARTES IIY : Dixix Systems (company)  
 ASTEP II : NASA Johnson Space Center (Houston)  
           Goddard Space Flight Center (Greenbelt)  
 DAM : NASA Johnson Space Center (Houston)  
 DIAL : General Electric (company)  
 ELAS : Earth Resources Laboratory (Ray st.Louis)  
 ERDAS : Earth Resources Digital Analysis Systems  
           (company)  
 ERIPS : NASA Johnson Space Center (Houston)  
 I<sup>2</sup>S : International Imaging Systems (company)  
 ISIRSL : Indiana State University  
 KANDIDATS : University of Kansas  
 LALSYS : Purdue University  
 LIGMALS : Environmental Research Institute of Michigan,  
           University of Michigan  
 ORSER : Pennsylvania State University  
 RIPPER : Stanford University  
 UMIPS : University of Minnesota  
 VICAR : Jet Propulsion Laboratory, California  
           Institute of Technology  
 XPLOR : Control Data (company)

Δίνουμε ιδιαίτερη έμφαση στα συστήματα των Levine και Nazif [1,2], των Gini και Gini [3], της S.A.Stansfield [4] που αναπτύχθηκαν πιο πρόσφατα καθώς και στο σύστημα DIBIAS της DFVIR [5] όχι μόνο γιατί είναι ένα από τα πρώτα συστήματα που αναπτύχθηκαν στον ευρωπαϊκό χώρο, αλλά και γιατί από εκεί προέρχεται και η δορυφορική εικόνα του LANDSAT που χρησιμοποιήσαμε.

Τον Σεπτέμβριο του 1981 οι Levine και Nazif [1] από το πανεπιστήμιο McGill στο Montreal του Καναδά παρουσιάζουν σύστημα το οποίο εσσοκοπεί στον εντοπισμό αντικειμένων σε δεδομένη εικόνα και τον χαρακτηρισμό των αντικειμένων αυτών. Στη δημοσίευση τους προτείνουν ένα νέο παράδειγμα τυποποιημένου συστήματος ορέσης υπολογιστή το οποίο κατευθύνεται από την δεδομένη κάθε φορά εικόνα και βασίζεται στη εκ των προτερων "γνώση" που έχει.



Το σύστημα αποτελείται από τρεις κύριες ενότητες, δύο από τις οποίες χρησιμοποιούνται σαν συνεργαζόμενες βάσεις δεδομένων οι οποίες είναι οι : STM (Short term memory η βραχυπρόθεσμη μνήμη) και LTM (Long Term Memory η μακροπρόθεσμη μνήμη). Η STM περιέχει την αρχική εικόνα και ενημερώνεται συνεχώς για τις πιο πρόσφατες επεξεργασίες και αλλαγές. Η LTM περιέχει τις βασικότερες γνώσεις για το μοντέλο της επεξεργαζόμενης εικόνας. Ένα πλήθος από επεξεργαστές για ανάλυση, καθέννας από τους οποίους είναι εξειδικευμένος για ειδικό σκοπό, επικοινωνούν με τα δύο προηγούμενα τμήματα μνήμης. Οι πληροφορίες της LTM παραμυθούν αμεταβλητές κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, σε αντίθεση με την STM που ανανεώνεται συνεχώς από τους εξειδικευμένους επεξεργαστές. Έτσι το σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ότι δραστηριοποιείται από πρόσφατες μεταβλητές καταγεγραμμένες στην STM χρησιμοποιώντας παράλληλα πληροφορίες από την ίδια και την LTM, πράξει μόνου να μεταβληθεί η κατάσταση της.

Το ολο σύστημα απεβλέπε σε εφαρμογές που χρησιμοποιείται η οραση του υπολογιστή.

Πρέπει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι η επεξεργασία εικόνας στο σύστημα των Levine και Nazif [2] κατευθύνεται κατά μεγάλο ποσοστό από ένα σύνολο κανόνων (rule based). Τον Μάρτιο του 1985 παρουσιάσαν οι ίδιοι, το προηγούμενο σύστημα πιο βελτιωμένο. Στο νέο σύστημα είχε αναπτυχθεί Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence) και ήταν προσαρμοσμένο στον χώρο των περιοχών στην εικόνα.

Την ίδια χρονιά δυο ιταλίδες, οι αδερφές Gini παρουσιάζουν το GYPSY λογισμικό σύστημα για οπτικό έλεγχο και αναγνώριση [3]. Το σύστημα αυτό αποσκοπούσε σε βιομηχανικές εφαρμογές και κυρίως σε αυτοματισμούς. Το GYPSY ανάλυσε εικόνες αντικειμένων βάσει των σχημάτων τους στο διδιάστατο χώρο. Μπορεί ευκολά να μεταφερθεί σε άλλο υπολογιστή κι εξ' αυτού ευκολά να χρησιμοποιηθεί. Επίσης ο χρήστης μπορεί ευκολά να γράψει προγράμματα εφαρμογών σε γλώσσα συγγενή της Pascal για να δώσει έτσι την δυνατότητα στο GYPSY να εκπληρώσει ποικίλους σκοπούς. Το GYPSY αναπτύχθηκε βασισμένο σε μια αρχιτεκτονική πολλών επεξεργαστών και ειδικά για τις ανάγκες αυτοματοποίησης στη βιομηχανία.

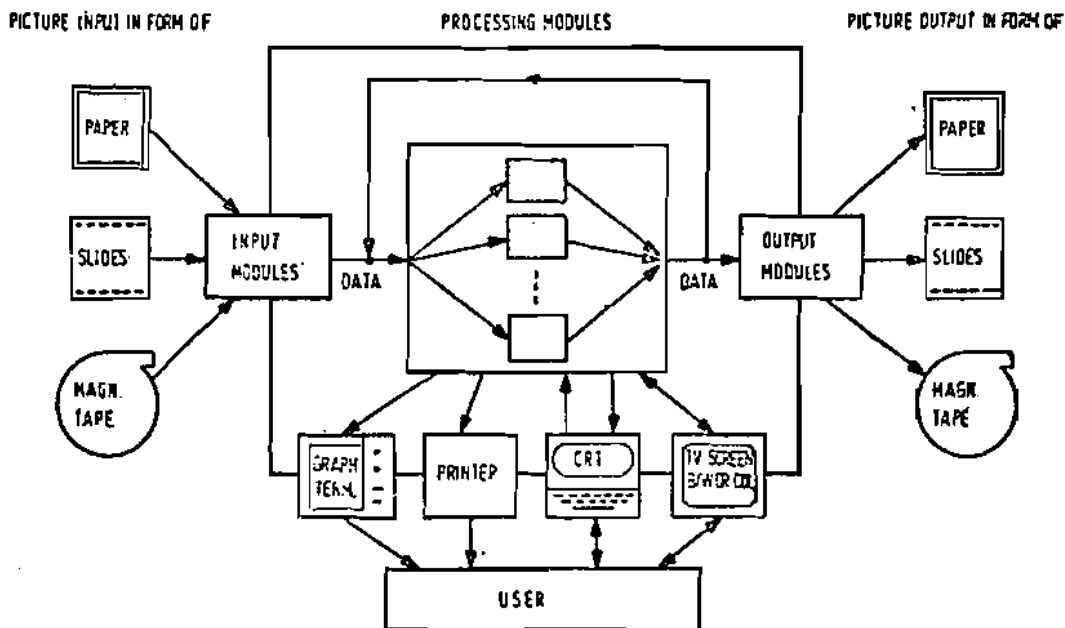
Το Μάρτιο του 1986 η Sharon A. Stansfield από το πανεπιστήμιο της Pennsylvania παρουσιάζει το ANGV. Αυτό είναι ένα "εξέλιγο σύστημα" Τεχνητής Νοημοσύνης (T.N.) [4] για τον αυτοματισμό χώριση περιοχών για στεφανιαία αγγεία παίρνοντας πληροφορίες από ψηφιοποιημένα αγγειογράφηματα. Αυτό βεβαίως αναφέρεται σε εφαρμογή ιατρικής διάγνωσης. Το ANGV στη διαδικασία της λειτουργίας του αναγνωρίζει κι απομονώνει στεφανιαία αγγεία αλοή και σε εικόνες με θορύβο.

Το ολο σύστημα μπορεί να τυποποιηθεί σε τρία στάδια: Το πρώτο είναι η επεξεργασία και τα άλλα δυο αποτελούν το σύστημα T.N.. Στο πρώτο υπάρχουν κώδες υπορουτίνας που

εφαρμόζονται σειριακά για τον κωρισμό της εικόνας σε περιοχές (segmentation).

Το σύστημα T.N. κατεβιβάζεται από κανόνες και χωρίζεται σε δυο στάδια. Το πρώτο πραγματοποιεί κωρισμό των περιοχών βάσει γνώσεων, ομαδοποίηση και σχηματική ανάλυση. Στη συνέχεια επεξεργάζομενο τις περιοχές προκύπτουν σχέσεις που τελειοποιούν το κωρισμό τους. Το δεύτερο στάδιο του T.N. περιλαμβάνει τις απαραίτητες ιατρικές γνώσεις που χρειάζονται για τη διάγνωση.

Ένα από τα καλύτερα συστήματα επεξεργασίας εικόνας έχει αναπτυχθεί στο Μονάχο κι ονομάζεται DIBIAS (Digital Interactive Bavarian Image Analysis System) [5]. Αυτό είναι απ' τα πρώτα ολοκληρωμένα συστήματα κι η ανάπτυξη του άρχισε το 1974. Πρωταρχικός σκοπός της ανάπτυξης του ήταν η εφαρμογή του στη τηλεσκοπία. Θα χρησιμοποιούταν σαν εργαλείο στις περιβαλλοντολογικές έρευνες. Όσον αφορά την επεξεργασία εικόνας, μελετήθηκαν πολλές μέθοδοι για τη δυνατότητα εφαρμογής του στις γεωεπιστήμες.



Όπως βλίνεται και στο σχηματικό διάγραμμα, το DIBIAS κι ειδικότερα το υλικό (hardware) αποτελείται από τρία επιμέρους τμήματα :

- (i) μονάδα εισόδου (input module)
- (ii) μονάδα επεξεργασίας (processing module)
- (iii) μονάδα εξόδου (output module)

Το κάθε τμήμα αποτελείται από εξειδικευμένα κυκλώματα. Προϋποθέσεις που έπρεπε να πληρεί το DIBIAS ήταν :

- (1) Χρήση τεχνολογίας υψηλού επιπέδου για την επεξεργασία εικόνας κι εξειδικευμένων εφαρμογών που θα δίνουν στο χρήστη τη δυνατότητα να το καθοδηγεί για τη διεκπεραίωση της εφαρμογής του.
- (2) Ο χρήστης να μπορεί σε σύντομο χρονικό διάστημα να χειρίζεται τις δυνατότητες του.
- (3) Δομημένο λογισμικό .
- (4) Δυνατότητα πολυπρογραμματισμού του συστήματος για την όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση του συστήματος.
- (5) Η δυνατότητα να δίνει τα αποτελέσματα της επεξεργασίας σε διάφορες μονάδες εξόδου (εγχρώμη TV-οθονή, graphics, τερματικό κ.α.).
- (6) Η ευκολή επεμβάση για την προσθήκη νέων αλγορίθμων.

Όσον αφορά την πλευρά του λογισμικού το DIBIAS αποτελείται από τέσσερεις ομάδες προγραμμάτων :

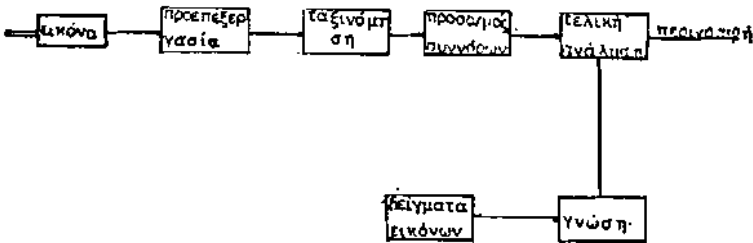
- (1) Input module : το οποίο ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε εικόνας δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για την είσοδο της εικόνας στον υπολογιστή.
- (2) Output module: οδηγεί την επεξεργασμένη εικόνα σε διαφορετικές μονάδες εξόδου (film, χαρτί, μηχανητική ταινία, κ.α.)
- (3) Processing module : εδώ επεξεργάζεται η εικόνα για να δημιουργηθεί μια νέα που θα μπορεί να εμφανιστεί σε μια εγχρώμη TV-οθονή ώστε να εξεταστεί αν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του χρήστη. Αυτή η επεξεργασμένη εικόνα, μπορεί να ξαναεπεξεργαστεί από τους ίδιους ή διαφορετικούς αλγορίθμους.
- (4) Utility module : αυτά παρέχουν πληροφορίες στο χρήστη σχετικά με την κατάσταση και την εξέλιξη του προγράμματος.

Το DIBIAS αποτελείται από 140 προγράμματα που αντιπροσωπεύουν προγραμματιστικό έργο 10 ανθρώπων και προγράμματα 70.000 εντολών. Από πλευράς εφαρμογής το πρόγραμμα παρέχει δυνατότητες όπως :

- (i) στοιχειώδης τόνωση της εικόνας
- (ii) ταξινόμηση
- (iii) εφαρμογή ψηφιακών φίλτρων
- (iv) ανάλυση υψός
- (v) προγράμματα για την επεξεργασία δεδομένων σε οθονή τηλεοράσεως

(υ) γεωμετρική διορθωση κ.α.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω ένα σύστημα επεξεργασίας εικόνας αποτελείται από τις επι μερικές διαδικασίες που είναι προσανατολισμένες στην εθέρωσή μας. Πιο απλά ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να περιγραφεί σχηματικά [6] :



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρησιμοποίηση των μεσών της διαστημικής τεχνολογίας για τη μελέτη της επιφάνειας της Γης ανοίξε νέους ορίζοντες στις Γεωεπιστήμες. Αυτό δεν οφείλεται μόνο στη δυνατότητα που έχουμε σήμερα να παρατηρούμε συστηματικά κάθε περιοχή του πλανήτη μας, ακόμα και την πιο δυσπρόσιτη, από το ύψος ενός δορυφόρου, αλλά κυρίως την εφαρμογή νέων μεσών που εφαρμόζονται στη διαστημική παρατήρηση και ειδικότερα στην πολυφασματική φωτομετρική σάρωση. Η ανάπτυξη μεθοδολογίας για την επεξεργασία των καταγραφών αυτών των σάρωσεων είναι σήμερα ένας από τους σημαντικότερους κλάδους της Μαθηματικής Γεωγραφίας.

Η μεθοδολογία αυτή αναπτύχθηκε κατά τα τελευταία χρόνια παράλληλα με την ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων δορυφορικής σάρωσης και ειδικά προσανατολισμένων συστημάτων, όπου ο όρος "σύστημα" περιλαμβάνει την ολή διαδικασία συνεργασίας μηχανημάτων (υπολογιστής, περιφέρεια) και λογισμικού που είναι προσαρμοσμένο στα μηχανήματα αυτά. Αυτή η μεθοδολογία εξυπηρετεί σήμερα εκτός από τις γεωεπιστήμες και άλλους τομείς της επιστήμης και τεχνολογίας, όπως η ιατρική διάγνωση, ο έλεγχος εγκαταστάσεων και βιομηχανικών προϊόντων και η διερεύνηση σχηματικών ιδιαιτεροτήτων (απολιθώματα, δακτυλικά σποτυπώματα κ.α.). Συγχρονως με αυτή την αναβάθμιση στη μέθοδο της γεωγραφικής ερευνας, οι Γεωεπιστήμες επωφελοούνται από κάθε βήμα προόδου που γίνεται στην αντίστοιχη μεθοδολογία επεξεργασίας εικόνων στους άλλους τομείς της επιστήμης.

Η δορυφορική εικόνα τροφοδοτείται στον υπολογιστή με τη μορφή ενός πίνακα με (m) γραμμές και (n) στήλες. Σε κάθε στοιχείο (pixel) τειοιου πίνακα αντιστοιχεί ένας αριθμός που ανήκει συνήθως στο διάστημα [0,255]. Ο αριθμός αυτός αντιπροσωπεύει ένα μέτρο της φωτεινότητας του σημείου αυτού. Το μηδέν αντιστοιχεί στο μαύρο και το 255 στο άσπρο. Από το μέγεθος αυτής της κλίμακας εξαρτάται η φωτομετρική διακριτική ικανότητα της απεικόνισης. Οι τιμές αυτές και οι μεταξύ τους σχέσεις που προκύπτουν από την επεξεργασία τους δίνουν τις απαραίτητες πληροφορίες για την εικόνα. Η επεξεργασία της εικόνας στηρίζεται άμεσα στην εξαγωγή πληροφοριών απ' αυτή. Για τις εφαρμογές λοιπόν πρέπει να αναπτυχθούν μαθηματικοί ή λογικοί αλγόριθμοι που θα βασίζονται α' ενός μόν στην τιμή της αποχρώσεως κάθε σημείου, α' άλλου δε σε στοιχεία που αφορούν τον πληθυσμό των σημείων αυτών. Οι επιμέρους αλγόριθμοι που συντέλουν στην ολοκλήρωση της εφαρμογής συγκροτούν ένα λογισμικό σύστημα επεξεργασίας εικόνων.

## ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

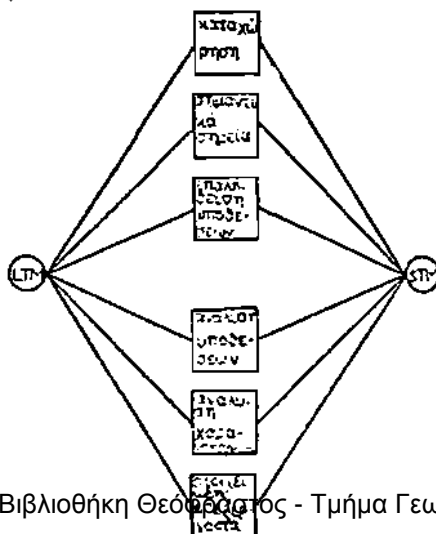
Είναι χρήσιμο να καταχωρήσουμε μερικά από τα πιο πετυχημένα συστήματα λογισμικού (software) που χρησιμοποιούνται σήμερα και το ερευνητικό κέντρο στο οποίο έχουν αναπτυχθεί. Είναι τα εξής:



ARIES III	: Dixix Systems (company)
ASTEP II	: NASA Johnson Space Center (Houston) Goddard Space Flight Center (Greenbelt)
DAM	: NASA Johnson Space Center (Houston)
DIAL	: General Electric (company)
ELAS	: Earth Resources Laboratory (Ray st.Louis)
ERDAS	: Earth Resources Digital Analysis Systems (company)
ERTPS	: NASA Johnson Space Center (Houston)
I <sup>2</sup> S	: International Imaging Systems (company)
ISIRSL	: Indiana State University
KANDIDATS	: University of Kansas
LALSYS	: Purdue University
LIGMALS	: Enviromental Research Institute of Michigan, University of Michigan
ORSER	: Pennsylvania State University
RIPPER	: Stanford University
UMIPS	: University of Minnesota
VICAR	: Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology
XPLOR	: Control Data (company)

Διναύμε ιδιαίτερη έμφαση στα συστήματα των Levine και Nazif [1,2], των Gini και Gini [3], της S.A.Stansfield [4] που αναπτύχθηκαν πιο πρόσφατα καθώς και στο σύστημα DIBIAS της DFVLR [5] όχι μόνο γιατί είναι ένα από τα πρώτα συστήματα που αναπτύχθηκαν στον ευρωπαϊκό χώρο, αλλά και γιατί από εκεί προέρχεται και η δορυφορική εικόνα του LANDSAT που χρησιμοποιούμε.

Τον Σεπτέμβριο του 1981 οι Levine και Nazif [1] από το πανεπιστήμιο McGill στο Montreal του Καναδά παρουσιάζουν σύστημα το οποίο ασχολείται στον εντοπισμό αντικειμένων σε δεδομένη εικόνα και τον χαρακτηρισμό των αντικειμένων αυτών. Στη δημοσίευση τους προτείνουν ένα νέο παράδειγμα τυποποιημένου συστήματος ορισής υπολογιστή το οποίο κατευθύνεται από την δεδομένη κάθε φορά εικόνα και βασιζεται στη εκ των προτερων "γνώση" που έχει.



Το σύστημα αποτελείται από τρεις κύριες ενότητες, δύο από τις οποίες χρησιμοποιούνται σαν συνεργαζόμενες βάσεις δεδομένων οι οποίες είναι οι : STM (Short term memory η βραχυπρόθεσμη μνήμη) και LTM (Long Term Memory η μακροπρόθεσμη μνήμη). Η STM περιέχει την αρχική εικόνα και ενημερώνεται συνέχεια για τις πιο πρόσφατες επεξεργασίες και αλλαγές. Η LTM περιέχει τις βασικότερες γνώσεις για το μοντέλο της επεξεργαζόμενης εικόνας. Ένα πλήθος από επεξεργασίες για ανάλυση, κίνησης από τους οποίους είναι εξειδικευμένος για ειδικό σκοπό, επικοινωνούν με τα δύο προηγούμενα τμήματα μνήμης. Οι πληροφορίες της LTM παραμένουν αμετάβλητες κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, σε αντίθεση με την STM που ανανεώνεται συνέχεια από τους εξειδικευμένους επεξεργαστές. Ετσι το σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ότι δραστηριοποιείται από πρόσφατες μεταβολές καταγράμμιζόμενες στην STM χρησιμοποιώντας παράλληλα πληροφορίες από την ίδια και την LTM, πράξειμένου να μεταβληθεί η κατάσταση της.

Το ολο σύστημα απεβλήσε σε εφαρμογές που χρησιμοποιείται η οραση του υπολογιστή.

Πρέπει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι η επεξεργασία εικόνας στο σύστημα των Levine και Nazif [2] κατευθύνεται κατά μεγάλο ποσοστό από ένα σύνολο κανόνων (rule based). Τον Μάρτιο του 1985 παρουσίασαν οι ίδιοι, το προηγούμενο σύστημα πιο βελτιωμένο. Στο νέο σύστημα είχε αναπτυχθεί Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence) και ήταν προσαρμοσμένο στον χώρο των περιόχων στην εικόνα.

Την ίδια χρονιά δύο ιταλίδες, οι αδερφές Gini παρουσιάζουν το GYPSY λογισμικό σύστημα για οπτικό έλεγχο και αναγνώριση [3]. Το σύστημα αυτό ασκοπούσε σε βιομηχανικές εφαρμογές και κυρίως σε αυτοματισμούς. Το GYPSY αναλύει εικόνες αντικειμένων βάσει των σχημάτων τους στο διδιάστατο χώρο. Μπορεί εύκολα να μεταφερθεί σε άλλο υπολογιστή κι εξίσου εύκολα να χρησιμοποιηθεί. Επίσης ο χρήστης μπορεί εύκολα να γράβει προγράμματα εφαρμογών σε γλώσσα συγγενή της Pascal για να δώσει έτσι την δυνατότητα στο GYPSY να εκπληρώσει ποικίλους σκοπούς. Το GYPSY αναπτύχθηκε βασισμένο σε μια αρχιτεκτονική πολιεπεξεργαστών και ειδικά για τις ανάγκες αυτοματοποίησης στη βιομηχανία.

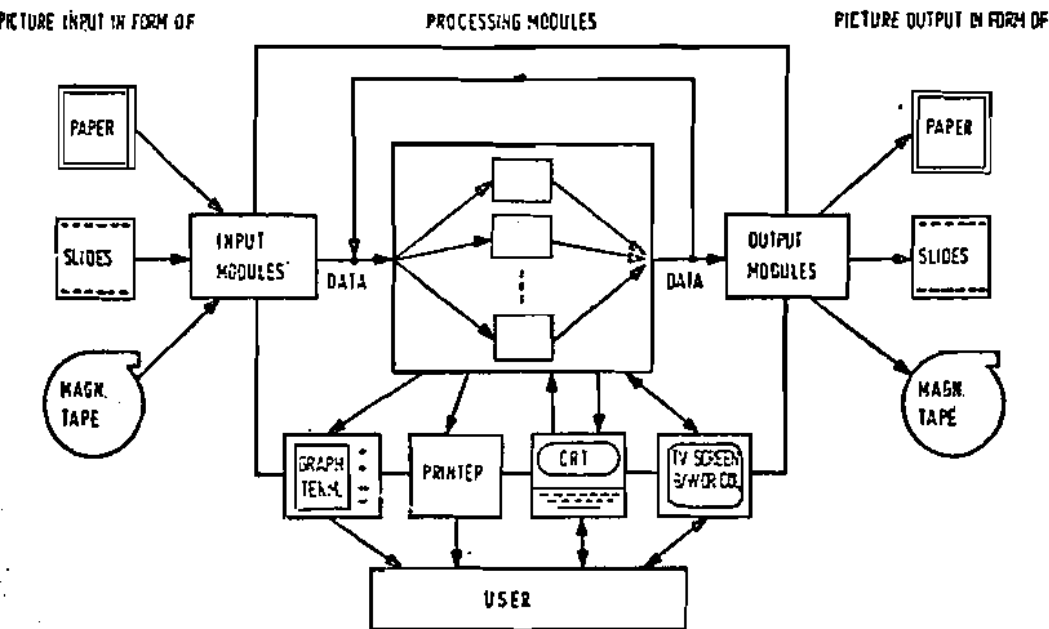
Το Μάρτιο του 1986 η Sharon A. Stansfield από το πανεπιστήμιο της Pennsylvania παρουσιάζει το ANGY. Αυτό είναι ένα "εξέλικτο σύστημα" Τεχνητής Νοημοσύνης (T.N.) [4] για τον αλγόριθμο χώρο των περιόχων για στεφάνια αγγεία παίρνοντας πληροφορίες από ψηφιοποιημένα αγγειογραφήματα. Αυτό βεβαίως αναφέρεται σε εφαρμογή ιατρικής διαγνώσης. Το ANGY στη διαδικασία της λειτουργίας του αναγνωρίζει κι απομονώνει στεφάνια αγγεία ακόμη και σε εικόνες με θόρυβο.

Το ολο σύστημα μπορεί να τυποποιηθεί σε τρία στάδια: Το πρώτο είναι η προεπεξεργασία και τα άλλα δύο αποτελούν το σύστημα T.N.. Στο πρώτο υπάρχουν απλές υπορουτίνες που

εφαρμόζονται σφίρικα για τον κωρισμο της εικόνας σε περιοχές (segmentation).

Το σύστημα T.N. κατασκευάζεται από κανόνες και χωρίζεται σε δυο στάδια. Το πρώτο πραγματοποιεί κωρισμό των περιοχών βάσει γνώσεων, ομαδοποίηση και σχηματική ανάλυση. Στη συνέχεια επεξεργάζομενο τις περιοχές προκύπτουν σχέσεις που τελειοποιούν το κωρισμό τους. Το δεύτερο στάδιο του T.N. περιλαμβάνει τις απαραίτητες μαθηματικές γνώσεις που χρειάζονται για τη διάγνωση.

Ένα από τα καλύτερα συστήματα επεξεργασίας εικόνας έχει αναπτυχθεί στο Μονάχο κι ονομάζεται DIBIAS (Digital Interactive Bavarian Image Analysis System) [5]. Αυτό είναι απ'τα πρώτα ολοκληρωμένα συστήματα κι η ανακτίξη του άρχισε το 1974. Πρωταρχικός σκοπός της ανάπτυξης του ήταν η εφαρμογή του στη τηλεσκοπία. Θα χρησιμοποιούσαν σαν εργαλείο στις περιβαλλοντολογικές έρευνες. Όσον αφορά την επεξεργασία εικόνας, μελετήθηκαν πολλές μεθοδοί για τη δυνατότητα εφαρμογής του στις γεωμετρίαιες.



Όπως φαίνεται και στο σχηματικό διάγραμμα, το DIRIAS κι ειδικότερα το υλικό (hardware) αποτελείται από τρία επιμέρους τμήματα :

- (i) μονάδα εισόδου (input module)
- (ii) μονάδα επεξεργασίας (processing module)
- (iii) μονάδα εξόδου (output module)

Το κάθε τμήμα αποτελείται από εξειδικευμένα κυκλώματα. Προυποθέσεις που έπρεπε να πληρεί το DIRIAS ήταν :

- (1) Χρήση τεχνολογίας υψηλού επιπέδου για την επεξεργασία εικόνας κι εξειδικευμένων εφαρμογών που θα δίνουν στο χρήστη τη δυνατότητα να το καθοδηγεί για τη διεκπεραίωση της εφαρμογής του.
- (2) Ο χρήστης να μπορεί σε συντομίο χρονικό διάστημα να χειρίζεται τις δυνατότητες του.
- (3) Δομημένο λογισμικό .
- (4) Ανταπόκριση πολυπρογραμματισμού του συστήματος για την όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση του συστήματος.
- (5) Η δυνατότητα να δίνει τα αποτελέσματα της επεξεργασίας σε διάφορες μονάδες εξόδου (εγχρώμη TV-οθόνη, graphics, τερματικό κ.α.).
- (6) Η ευκόλη επέμβαση για την προσθήκη νέων αλγορίθμων.

Όσον αφορά την πλευρά του λογισμικού το DIRIAS αποτελείται από τέσσερις ομάδες προγραμμάτων :

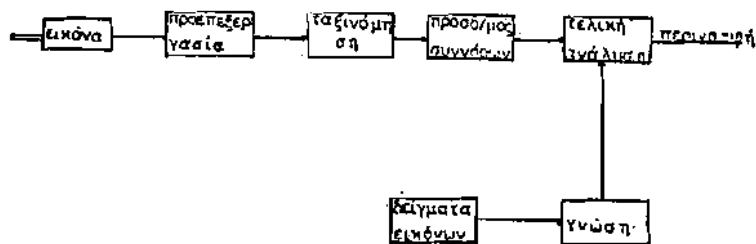
- (1) Input module : το οποίο ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε εικόνας δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για την εισοδο της εικόνας στον υπολογιστή.
- (2) Output module: οδηγεί την επεξεργασμένη εικόνα σε διαφορετικές μονάδες εξόδου (film, καρτί, μαγνητική ταινία, κ.α.)
- (3) Processing module : εδώ επεξεργάζεται η εικόνα για να δημιουργηθεί μια νέα που θα μπορεί να εμφανιστεί σε μια εγχρώμη TV-οθόνη ώστε να εξεταστεί αν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του χρήστη. Αυτή η επεξεργασμένη εικόνα, μπορεί να ξανά επεξεργαστεί από τους ίδιους ή διαφορετικούς αλγορίθμους.
- (4) Utility module : αυτά παρέχουν κληροβαρίτες στο χρήστη σχετικά με την κατάσταση και την εξέλιξη του προγράμματος.

Το DIRIAS αποτελείται από 140 προγράμματα που αντιπροσωπεύουν προγραμματιστικό έργο 10 ανθρώπων και προγράμματα 70.000 εντολών. Από πλευράς εφαρμογής το πρόγραμμα παρέχει δυνατότητες όπως :

- (i) στοιχειώδης τόνωση της εικόνας
- (ii) ταξινόμηση
- (iii) εφαρμογή κηθιακών φίλτρων
- (iv) ανάλυση υψής
- (v) προγράμματα για την επεξεργασία δεδομένων σε οθόνη τηλεόρασης

(υί) γεωμετρική διορθωση κ.α.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω ένα σύστημα εκξεργασίας εικόνων αποτελείται από τις επί μέρους διαδικασίες που είναι προσανατολισμένες στην εφαρμογή μας. Πιο απλά ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να περιγραφεί σχηματικά [6] :



ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΝΕΟ ΣΥΣΤΗΜΑ: Χωρισμός Περιοχών Βάσει  
Ιστογραμμάτων.

Το λογισμικό σύστημα που περιγράφεται παρακάτω αναπτύχθηκε με πρωταρχικό σκοπό την δημιουργία συστημάτων επεξεργασίας εικόνας, το οποίο να είναι προσιτό από χρήστες χωρίς ειδικές γνώσεις στην επεξεργασία εικόνας. Ένας δεύτερος στόχος του συστήματος είναι η ευκόλη και άμεση επέμβαση του χρήστη στο πρόγραμμα για δημιουργία νέων υποπρογραμμάτων για επιπλέον διεργασίες. Έτσι σε σύντομο χρονικό διάστημα αναπτύχθηκε ένα τέτοιο λογισμικό σύστημα (σε γλώσσα FORTRAN 77) το οποίο υπερκαλύπτει τους αρχικούς στόχους της δημιουργίας του.

ΠΡΟΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Οι δυνατότητες που το σύστημα προσφέρει στο χρήστη αποσκοπούν πρώτα σε προεπεξεργασία ψηφιοποιημένης εικόνας. Τέτοιες είναι η εφαρμογή φίλτρων και η δημιουργία ιστογραμμάτων συγκέντρωσης φωτεινότητας [7] και [8]. Οι διεργασίες αυτές είναι ανεξαρτήτες μεταξύ τους και μπορούν οποιαδήποτε στιγμή να κληθούν. Επιπλέον το σύστημα δημιουργεί αρχείο, για την ενημέρωση του χρήστη, με τις διαδικασίες που έχουν εφαρμοστεί. Πόση αλλαγή τα φίλτρα, αυτά είναι: (1) του Carrellini το οποίο αποσκοπεί στην εξομαλύνση ανωμαλιών της εικόνας, (2) του Sobel - ένα από τα πιο βασικά φίλτρα στην επεξεργασία εικόνας - το οποίο αναδεικνύει τις ακμές μεταξύ διαφορετικών περιοχών της εικόνας, (3) τρεις νομοί εξομοίωσης της εικόνας με τη βοήθεια του ιστογραμματος (Histogram equalization), (4) προσφέρεται η δυνατότητα εφαρμογής "κατωθλίων" (thresholding) στην εικόνα. Αυτό αποσκοπεί σε έναν χωρισμό της εικόνας σε σχέση με το αν η φωτεινότητα κάθε σημείου ξεπερνάει ή όχι το κατώθλι (c) και ορίζεται δηλ.

$$p(x,y) \geq 255, p(x,y) \geq c$$

$$p(x,y) = 0, p(x,y) < c$$

Τελος (5) υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας ιστογραμμάτων. Αυτά είναι απεικονίσεις στο χυ-επίπεδο των αθροιστικών συγκεντρώσεων των φωτεινότητων. Στον οριζόντιο άξονα (x) υπάρχει η κλίμακα των αποχρώσεων (0 - 255) και στην κατακόρυφο απεικονίζεται η αθροιστική συγκεντρωση της κάθε αποχρώσεως. Ο αριθμός αυτός εκφράζει το πλήθος των σημείων με την ίδια αποχρωση που υπάρχουν σ' όλη την εικόνα. Με τα ιστογραμματα έχουμε μια πρώτη αντίκλιση για τη μορφή που έχει η κατανομή των αποχρώσεων στην εικόνα.

Μέχρι αυτό το σημείο οι παραπάνω αλγόριθμοι που σχετίζονται με την προεπεξεργασία ήταν ήδη γνωστοί.

ΧΩΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΚΑΙ ΙΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Έχουν κατά καιρούς προταθεί πολλές τεχνικές χωρισμού των περιοχών (segmentation) που βασίζονται σε πληροφορίες που κωρρέουν από το ιστογράμμα. Πολλές από αυτές αποσκοπούν στην αυτοματη επιλογή "κατωθλίου" (threshold selection). Οι

Rosenfeld, Weska και Nagel [9] προτεινάν μεθοδο που βασίζεται στο ιστογράμμο. Εφαρμόζεται όμως μόνο σε ειδικά ιστογράμματα με δυο κορυφές (bimodal). Αργότερα οι Zucker, Rosenfeld και Davis [10] προτεινάν μεθοδο η οποία απέβλεπε στον χωρισμο της εικόνας σε περιοχές ανάλογα με την υφή (texture) τους. Η πληροφόρια για την υφή της περιοχής που χρησιμοποιείται προέρχεται από το ιστογράμμο, είναι δε τοπική, οπότε έχει περιορισμένη αξία για το σύνολο της εικόνας. Οι Panda και Rosenfeld [11] αντιμετωπίζουν το πρόβλημα του χωρισμου των περιοχων σαν ένα πρόβλημα ταξινόμησης κάθε σημείου (pixel). Η μεθοδος που προτεινεται εφαρμόζεται και σε εικονες με μη διπολική ιστογράμματα αλλά - όπως τουλάχιστον αναφέρεται στην εφαρμογή τους - οι εικονες είναι μικρού σχετικά μεγεθους (64 X 64) σημείων. Επίσης οι Rosenfeld, Davis και Weska [12] προτεινάν μεθοδο για τον χωρισμο των περιοχων που βασίζεται στην αρχή ότι οι περιοχές διαφέρουν ως προς την υφή τους, από τα σημεία που τις περιβάλλουν. Εφαρμόζονται τοπικοί μετασχηματισμοί, υπολογίζονται μεσοί όροι και "κάτωβλιν". Τα αποτελεσματα δεν είναι και τόσο ενθαρρυντικά αν υπάρχει μεγάλος αριθμος περιοχων οι οποίες διαφέρουν ως προς την υφή τους. Άλλη μία μεθοδος η οποία στηρίζεται στην ταξινόμηση των σημείων προτεινεται από τους Ahuja, Rosenfeld και Haralick [13]. Η προτεινόμενη ταξινόμηση βασίζεται αποκλειστικά και μόνο στο περιβάλλον κάθε σημείου της εικόνας. Άκόμη οι Schachter, Davis και Rosenfeld [14] πειραματίστηκαν σε μια μεθοδο χωρισμου των περιοχων που βασίζεται στον υπολογισμο χαρακτηριστικών τιμών για τα σημεία της εικόνας και τον μετεπειτα χωρισμο του χωρου που προκύπτει, από αυτές τις τιμές, με αποτέλεσμα να "συμπιεστούν" οι τιμές αυτές. Από τον Thomson [15] προτεινεται μεθοδος που αποκκοπει στον διαχωρισμο περιοχων βασισομενη στην ανάλυση της υφής των συνωρων τους. Αυτό δε επιτυγχάνεται με την εύρεση άλλων χαρακτηριστικών όπως στατιστική της εικόνας και βρισκοντας σχέσεις μεταξύ τους. Τελος ο Fu [16] και ο Haralick [17] στις αντίστοιχες δημοσιεύσεις τους αναφέρουν πολλές άλλες μεθόδους χωρισμου των περιοχων και ταξινόμησης.

Στην επεξεργασία εικόνας με από τις βασικότερες διαδικασίες είναι εκείνη του χωρισμου των περιοχων στην εικόνα και η μετεπειτα ταξινόμηση τους. Αφού ολοκληρωθεί μια τέτοια διαδικασία θα είναι σχετικά εύκολο να χρησιμοποιήμε στην αναγνώριση τους (recognition) των περιοχων αυτων.

Ο χωρισμος αυτός δεν είναι πάντα ιδιαίτερα απλος. Υπάρχουν περιπτώσεις εικωνών στις οποίες είναι δύσκολο να ξεχωριστουν, ακόμα και οπτικά, ορισμένες περιοχές. Τέτοιες εικονες είναι συνήθως οι δορυφορικές, για το λογο ότι κατά τη λήψη τους παρεμβάλλονται διάφοροι εξωτερικοί παράγοντες (θόρυβος, καταστάσεις της ατμοσφαιρας κ.α.) πολλοι δε από αυτούς είναι άγνωστοι και τις περισσότερες φορές δύσκολο να προβλεφθούν.

Ετσι λοιπον παρατηρήθηκε ότι - στις εικονες που προερχονται από δορυφόρο - εμφανίζονται σημεία τα οποία δεν έχουν καμμία σχέση με τις αποκρώσεις που ελιρρατούν στις γεωτονικές περιοχές. Παρατηρήθηκε ακόμα ότι αυτά τα σημεία έχουν ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό. Οι συγκεκριμένες των αποκρώσεων τους είναι άραστα χαμηλές σε σύγκριση με το

συνολικό αριθμό των σημείων που υπάρχουν στην εικόνα. Δεν απομένει λοιπόν παρά να βρεθεί ένας τρόπος προσδιορισμού των αποχρώσεων με καμπύλες συγκεντρώσεις. Ένα αποτελεσματικό μέσο για τον προσδιορισμό τέτοιων σημείων, είναι το ιστογράμμο της εικόνας. Αφού απομονωθούν αυτές οι αποχρώσεις θα αντικατασταθούν από άλλες κοντινότερες και πιο επικρατέστερες, λαμβάνοντας βεβαίως υπόψη την πληροφορία που προσφέρει το γειτονικό περιβάλλον τέτοιων σημείων στην εικόνα.

Υπολογίζεται λοιπόν από το ιστογράμμο η ελάχιστη απαιτούμενη συγκεντρωση. Στη συνέχεια σημεία που οι συγκεντρώσεις των αποχρώσεων τους είναι μικρότερες από την παραπάνω ελάχιστη τιμή, αντικαθίστανται. Προσδιορίζονται από το ιστογράμμο οι αποχρώσεις αυτές και αναζητούνται στην εικόνα σημεία με τέτοιες αποχρώσεις. Τα γειτονικά κάθε τέτοιου σημείου στην εικόνα καθορίζουν δύο τιμές που μεταφέρονται στο ιστογράμμο. Για να μη δημιουργούνται νέες αποχρώσεις στο ιστογράμμο από τις ήδη υπάρχουσες ελέγχονται οι κοντινότερες αποχρώσεις του ιστογράμματος που προσεγγίζουν καλύτερα τις δύο τιμές αυτές και οι οποίες έχουν γρήγορες συγκεντρώσεις. Με τη βοήθεια ενός γεωμετρικού νομίου υπολογίζεται ποια από τις δύο τιμές θα είναι η καινούρια αποχρώση του σημείου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αναδειχθούν οι διαφορές των περιοχών μεταξύ τους και οι περιοχές που προκύπτουν να είναι ομοιογενείς. Στο τελικό ιστογράμμο, το πλήθος των αποχρώσεων που απομένουν είναι σημαντικά περιορισμένο συγκριτικά με εκείνο που υπήρχε στο αρχικό ιστογράμμο.



## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Το σύστημα και ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε εφάρμοστηκε σε δορυφορική μνησικοποιημένη εικόνα της δυτικής Κρήτης η οποία κεραιχεται από τα κέντρα DIBIAS του Μοναχού. Επίσης, ο ίδιος αλγόριθμος εφάρμοστηκε σε μια ψευδοχρωματισμένη εικόνα της κεφαλής ενός αλογού. Ο λογος που χρησιμοποιήθηκε αυτή είναι η άσκηση επικλήθουση της αποτελεσματικότητας του αλγοριθμού και σε εικόνες που μπορούν να αξιολογηθούν, από το κρηστή, οπτικά τα αποτελέσματα του αλγοριθμού. Πιο κάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εφαρμογής του αλγοριθμού για τον κρησμο ομοιομορφών κρησμών των κρησούμενων εικόνων, σε παραθύρα διαφόρων διαστάσεων.

Στην Εικ.1 βίνεται ένα παραθύρο (32X32) της αρχικής. Σ' αυτό το παραθύρο η σκοτεινή αποκρησση αντιστοιχεί στη θάλασσα κι οι αποκρησσεις των σημείων αυτών κρησαινόνται από 32 μέχρι 54. Οι άλλες δύο κρησμοί που διακρησνόνται στο παραθύρο είναι νησια. Είναι οπτικά βίνερα ότι οι δύο αυτές κρησμοί δεν διακρησνόνται εύκολα μεταξίν τους.

Στην Εικ.3 είναι το αποτέλεσμα της εφαρμογής του αλγοριθμού στο κρησούμενο παραθύρο. Εδώ η θάλασσα αντιστοιχεί στην αποκρησση 45 δηλαδή έχει γίνει ομοιομορφή, με αποτέλεσμα τα δύο νησια να έχουν βίνερα κρησμοί μεταξίν τους. Επίσης έχουν αναδειχθεί κρησμοί στο εσωτερικό των νησίων οι οποίες στην αρχική εικόνα ήταν δύσκολο να βίνερα μεταξίν τους.

Στις Εικ.2 και Εικ.4 βίνονται τα αντιστοιχία ιστογράμματα τους. Στο ιστογράμμα της αρχικής (Εικ.2) είνερα κρησμοί 35 μη μηδενικές αποκρησσεις. Στο ιστογράμμα της επεξεργασμένης (Εικ.4) είνερα κρησμοί μόνο 3 αποκρησσεις. Εξ' ίσως καλά αποτελέσματα δίνει ο αλγοριθμος σε παραθύρα μεγαλύτερων διαστάσεων (100X100) σημείων το οποίο κρησμοί μεγάλο τυπία στερίας Εικ.5. Είναι εύλογο ότι στην Είρα η εικόνα είναι κρησμοί κρησμοί, επειδή είνερα κρησμοί πολλές αποκρησσεις με μεγάλες διαφώρες μεταξίν τους. Στην Εικ.7 βίνεται το επεξεργασμένο παραθύρο με βίνερα ταξίνουση των κρησμοί. Στις Εικ.6 και Εικ.8 υπάρχουν τα αντιστοιχία ιστογράμματα τους, όπου βίνεται κρησμοί η ομαδοκρησση των αποκρησσεων.

Οι Εικ.9 και Εικ.11 απεικονίζονται την ψευδοχρωματισμένη εικόνα της κεφαλής ενός αλογού. Εδώ τα αποτελέσματα του αλγοριθμού είναι ακόμα πιο εντύπωσιακα και βίνερα κρησμοί κρησμοί στα ιστογράμματα τους που ακολουθούν στις Εικ.10 και Εικ.12. Παρακρησμοί ότι κρησμοί κρησμοί οι αποκρησσεις κρησμοί κρησμοί από 57 σε 3 ον κρησμοί κρησμοί της κρησμοί του αλογού διακρησμοί κρησμοί κρησμοί κρησμοί.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή έγινε μια προσπάθεια να παρουσιαστούν μερικά από τα τελευταία συστήματα ελεγχόμενης και η μεγάλη τους συμβολή στην πραγμάτωση ειδικών επιστημονικών εφαρμογών. Στη συνέχεια παρουσιάστηκε ένα αντίστοιχο σύστημα το οποίο συνεχώς αναπτύσσεται και τελειοποιείται όσον αφορά την επεξεργασία ψηφιοποιημένων δορυφορικών εικόνων. Μέχρι τώρα το σύστημα εφαρμόζει ήδη γνωστούς αλγορίθμους προεπεξεργασίας της εικόνας και ένα καινούριο αλγόριθμο για την ταξινόμηση των περιοχών.

Ο τελευταίος προσφέρει μεθοδο γρήγορης ταξινόμησης συγκριτικά με άλλες γνωστές μεθόδους. Ειδικτικά για παράθυρο (100x100) χρειάζεται χρόνος CPU, 31 δευτερόλεπτα. Ένα άλλο πλεονεκτήμα του αλγορίθμου είναι ότι δεν λαμβάνει καμία εκ' των προτέρων γνώση (a priori) σχετικά με την εικόνα. Στο μόνο που βασίζεται είναι οι πληροφορίες του ιστογράμματος σε σχέση με την ύψη της εικόνας. Αποδείξη της γενικότητας του προτεινομένου νέου αλγορίθμου είναι κι η εφαρμογή του σε δυο εικόνες με διαφορετικά θέματα (δορυφορική εικόνα της Κρήτης και το προσωπο ενός αλογου).

Ένα από τα επόμενα στάδια για την ολοκλήρωση του συστήματος είναι η ακριβής προσδιορισμός των συνόρων των ομοιομορφών περιοχών προκειμένου να χαρακτηριστούν.

Στοχος μας είναι η δημιουργία ενός "εξειδικευμένου" "εξυπνού" συστήματος (expert system) Τεχνητής Νοημοσύνης που θα βασίζεται σε κανόνες και θα έχει δυνατότητα αναγνώρισης και ταξινόμησης περιοχών εικόνων.

RIBAIID'PA#JA

- [11] M.Levine and S.Nazif : "A modular computer vision system for picture segmentation and interpretation" IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol PAMI-3 No.5 Sept. 1981. p.p. 540-556
- [12] M.Levine and S.Nazif : "Dynamic measurements of computer generated image segmentations" IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol PAMI-7 No.2 March 1985 p.p. 155-164
- [13] G.Gini and M.Gini : "A software laboratory for visual inspection and recognition" Pattern Recognition Vol.18 No.1 p.p. 43-51,1985
- [14] S.A.Stansfield : "ANGY : a rule based expert system for automatic segmentation of coronary vessels from digital subtracted angiograms" IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence Vol.PAMI-8 No.2 March 1986 p.p. 188-199
- [15] K.A.Ulbricht : "DFVLR's DIBIAS design and implementation of a digital interactive image processing system" AGARD Lecture series No.119 Image Processing techniques p.p. 6/1-6/12
- [16] "Advances in digital image processing : Theory Applications Implementation" Edited by Peter Stucki 1979
- [17] Δ.Ν. Γεωργίου και Σ.Ι. Βαρουθιάκης : "Προγράμματα για την ανάληψη από αρχείο εικόνων, επεξεργασία κωδικοποιημένης εικόνας και αποδοχή της στον plotter" ΚΙΕ Δημοκρίτου, Ο/ση Υπολογιστών Αρ.Πρωτ.104/33/41 Ημερ.2/1/84
- [18] Κ.Παρθένος και Σ.Καρκάνης : "Επεξεργασία ψηφιοποιημένης εικόνας και εφαρμογή φίλτρων" Διπλωματική εργασία στο μάθημα "Αρχες και Εφαρμογές Αστροναυτικής". Α.Μεθυστικό Παν/μιο Αθηνών. Αυγούστος 1985
- [19] J.S. Weska,R.N.Nagel and A.Rosenfeld : "Threshold selection technique" IEEE Trans. on Computers Dec.1974 p.p. 1322-1326
- [10] S.W.Zucker,A.Rosenfeld and L.S.Davis : "Picture segmentation by texture discrimination" IEEE Trans. on Computers Dec.1975 p.p. 1228-1233
- [11] D.Panda and A.Rosenfeld : "Image segmentation by pixel classification (Gray level,edge value) space" IEEE Trans. on Computers Vol.C-27 No.9 Sept.1978 p.p.875-879
- [12] L.S.Davis,A.Rosenfeld and J.S.Weska : "Region extraction by averaging and thresholding" IEEE Trans.on Systems,Man and Cybernetics May 1975 p.p.383-388
- [13] N.Ahuja, A.Rosenfeld and R.M.Hanalicck : "Neighbor gray levels as features in pixel classification" Pattern Recognition Vol.12 p.p. 251-260, 1980
- [14] B.Schachter,L.S.Davis and A.Rosenfeld : "Some

- experiments in image segmentation by clustering of local feature values" Pattern Recognition Vol.11 p.p. 19-28, 1979
- [15] W.Thompson : "Textural boundary analysis" IEEE Trans. on Computers, March 1977 p.p. 272-275
- [16] K.S.Fu and J.K.Mui : "A survey on image segmentation" Pattern Recognition Vol.13 p.p. 3-16, 1981
- [17] R.M.Haralick and L.G.Shapiro : " Image segmentation techniques" Vision, Comput. Graphics and Image Processing, 2, 1985, p.p. 100-132

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εχουν κατα καιρους προταθει διαφορα συστηματα επεξεργασιας και αναγνωρισης ψηφιοποιημενης εικονας. Πολλη δουλεια εχει γινει για την αναπτυξη ολοκληρωμενων εξυπνων συστηματων τεχνητης νοημοσυνης τα οποια κατασκευωνται απο νομους (rule based expert systems).

Ενα απο τα προβληματα που υπαρχουν ειναι η επεξεργασια και μελετη δορυφορικων ψηφιοποιημενων εικονων. Σ'αυτη την εργασία γινεται μια προσπαθεια για την αναπτυξη ενος νεου συστηματος προσανατολισμενο σ'αυτη την κατευθυνση. Προς το παρον εχει κατασκευαστει το κομμητι της προεπεξεργασιας. Παράλληλα αναπτυχθηκε ενος νεος αλγοριθμος για την ταξινομηση της εικονας ο οποιος δινει ικανοποιητικα αποτελεσματα στις δυο ψηφιοποιημενες διαφορετικης μορφης εικονες που εβαριστηκε (δορυφορικη εικονα, προσωπο αλογου). Επισης αναπτυσσεται ενος λογισμικο συστημα για τον προσδιορισμο των οντορων.

Σκοπος μας ειναι η ολοκληρωση αυτου του νεου συστηματος ετσι ωστε να γινει πιο αποτελεσματικο και βελικο στο κρηστη.



## CRETE

## UNFILTERED WINDOW

COLUMNS : 205 310

LINES : 1 101 100

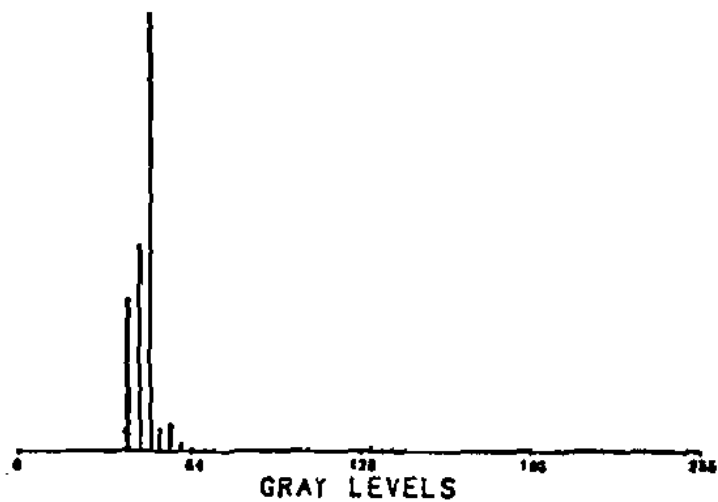
NO OF POINTS : 1024

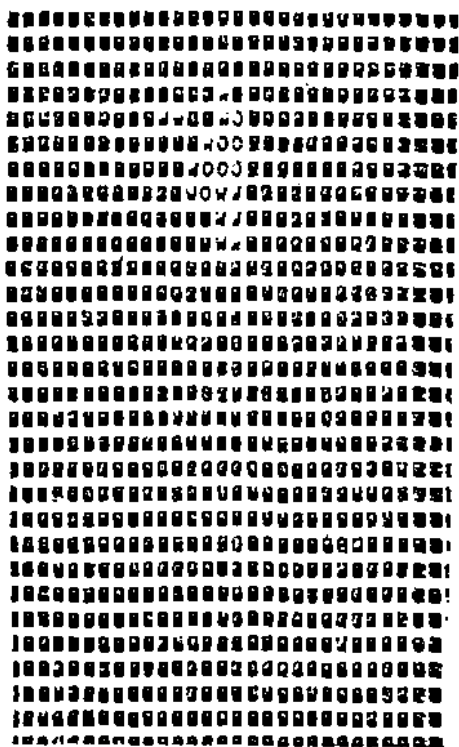
MEAN : 48.83

S.D. : 18.79

NO OF BRIGHTNESS : 25

LEAST CONCENTRATION : 20





Εικ.3



# CRETE

## CLASSIFIED WINDOW

GROUPS \* 200 316

LINES \* 141 100

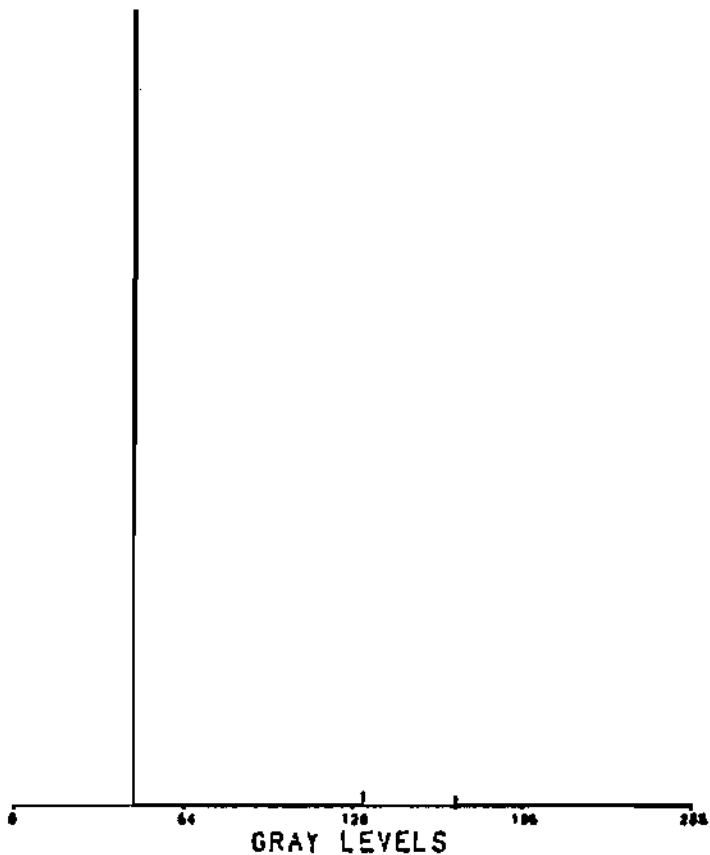
NO OF POINTS \* 200

MEAN \* 47.21

S.D. \* 14.00

NO OF EFFERTERS \* 2

LEAST CONCENTRATION \* 300



Εικ.4



## CRETE

## UNFILTERED WINDOW

COLUMNS \* 206 209

LINES \* 110 210

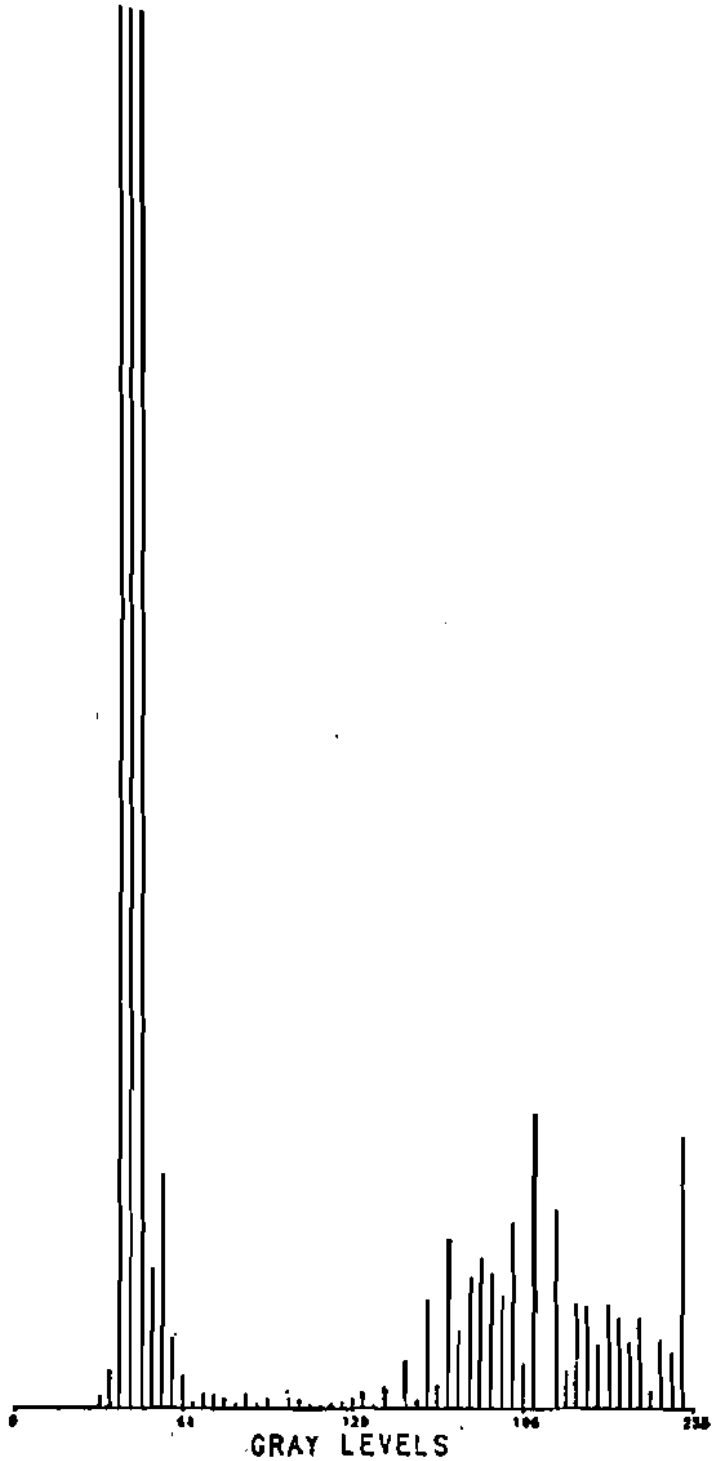
NO OF POINTS \* 10001

RES \* 02.00

S.D. \* 72.04

NO OF BALANCES \* 04

LEAST CONCENTRATION \* 100





CRETE

CLASSIFIED WINDOW

COLUMNS : 256 306

LINES : 116 216

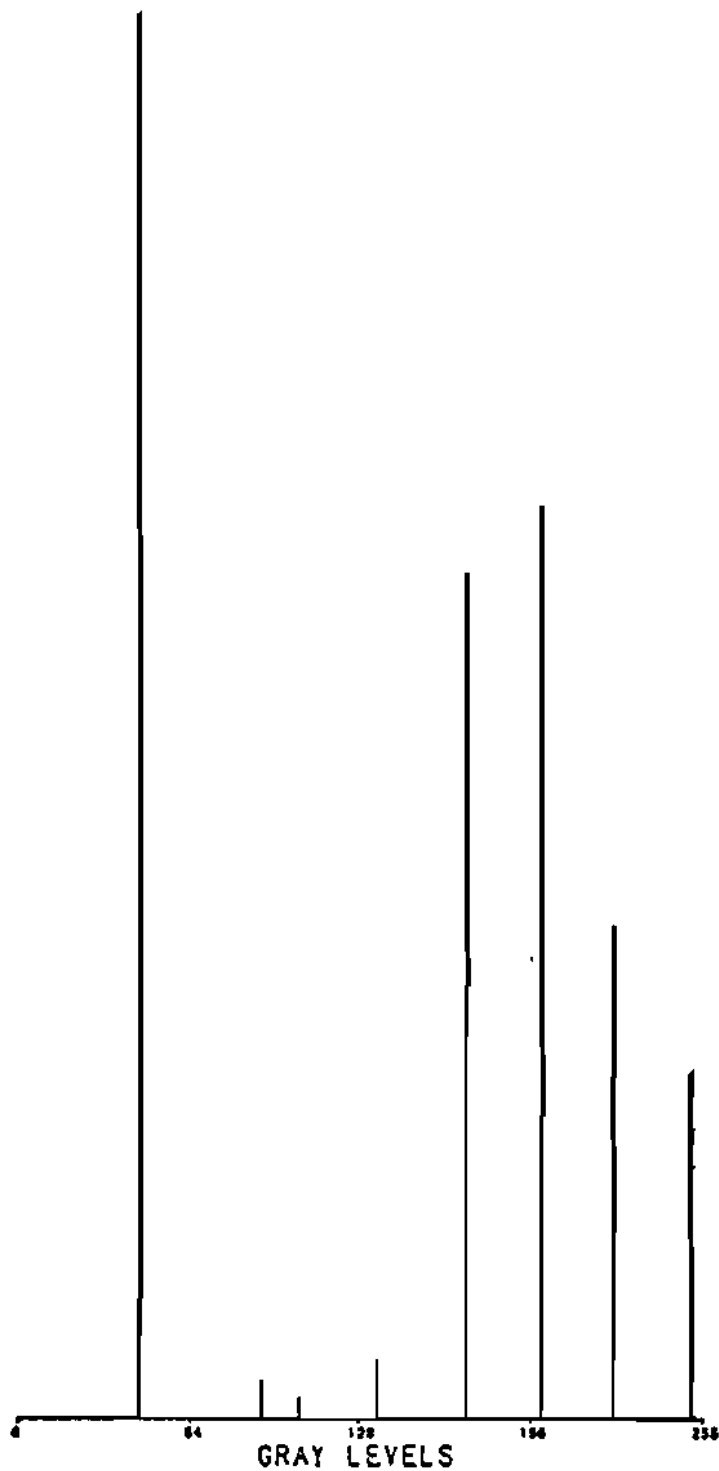
NO OF POINTS : 6601

MEAN : 81.06

S.D. : 71.70

NO OF ORIENTERS : 6

LEAST CONCENTRATION : 1227



Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Εικ. 8



Φηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

HORSE

UNFILTERED WINDOW

COLUMNS \* 300 314

LINES \* 100 370

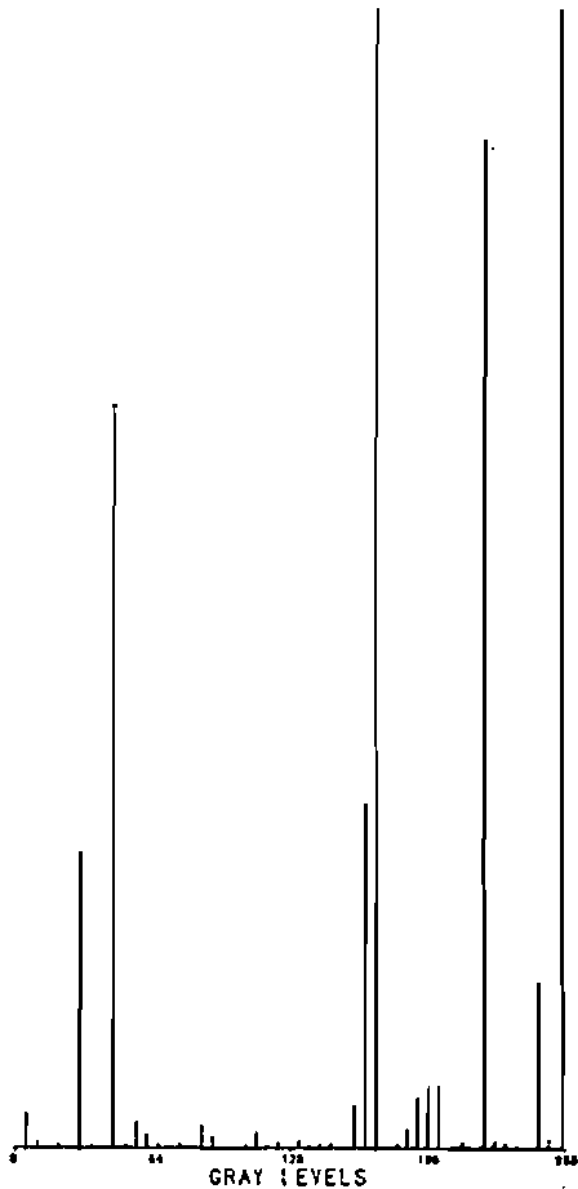
NO OF POINTS \* 14000

FILE \* 207.04

S.S. \* 00.70

NO OF BITPLACES \* 01

SCALE COEFFICIENT \* 004



Εικ.10





## HORSE

## CLASSIFIED WINDOW

RELATION \* 100 30.0

LINE \* 100 31.5

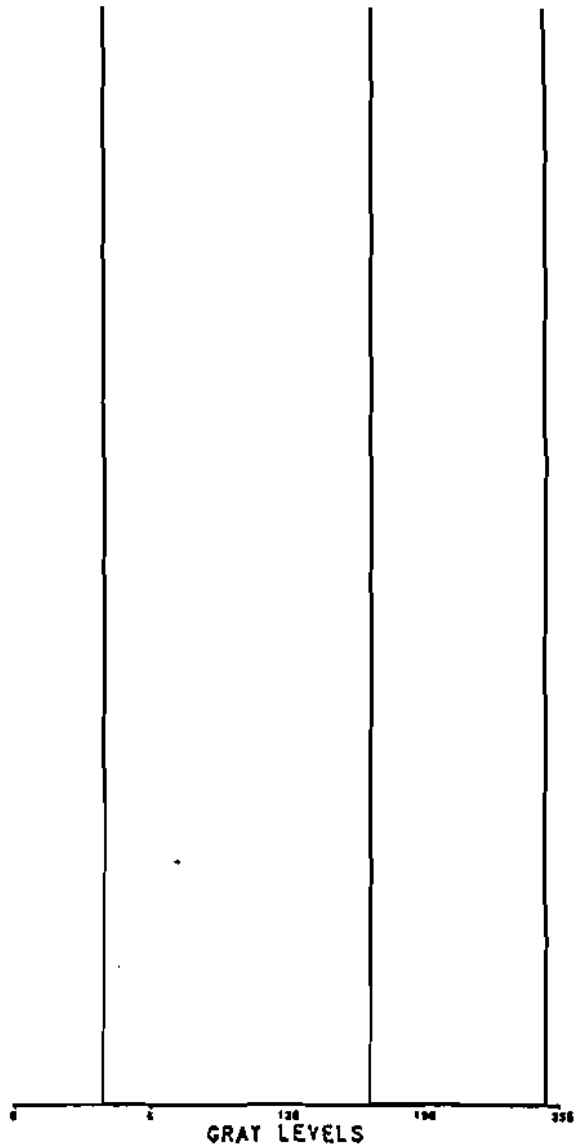
NO OF POINTS \* 10000

SCALE \* 240.74

S.S. \* 05-10

NO OF REVISIONS \* 7

LAST OBSERVATION \* 0275



Εικ.12 .